

城市水资源可持续利用的系统调控研究——以南京市为例

朱 岭, 许有鹏, 李嘉峻

(南京大学城市与资源学系, 江苏 南京 210093)

摘要 :从当前城市水资源可持续利用的结构性问题入手,应用现代系统理论,探讨了对水资源可持续利用进行系统调控的方法与思路,初步构建了包括行为系统、支持系统、约束系统和决策系统四大子系统的水资源可持续利用调控框架体系,并以南京市为例,论述了该调控系统的运行机制与实现途径,以期为全面推进城市水资源的可持续利用提供有益的思路与行动框架。

关键词 :水资源 ;可持续利用 ;系统调控 ;南京市

中图分类号 :TV213.9 文献标识码 :A 文章编号 :1004-693X(2006)02-0027-04

Research on systematical control for sustainable utilization of urban water resources : A case study in Nanjing

ZHU Ling , XU You-peng , LI Jia-jun

(Department of Urban and Resources , Nanjing University , Nanjing 210093 , China)

Abstract :Based on several structural problems in the sustainable utilization of urban water resources , a discussion was made on the measures and ideas to systematically control the sustainable utilization of urban water resources by use of modern system theory . A primary sustainable utilization framework of water resources was constructed , including conduct system , supporting system , restriction system and decision-making system . With Nanjing taken as a case , the operating mechanism and ways for realization of the system were discussed for the sustainable utilization of water resources in the city .

Key words :water resources ; sustainable utilization ; system regulation ; Nanjing City

1 问题的提出

从世界范围来看,城市水资源的可持续利用面临着一些结构性问题。

在资源结构上,由于自然和社会经济技术条件的综合影响,城市水资源利用过程中的资源数量和质量存在着绝对和相对的时空不均衡性,增加了需求、效益与费用的不确定性。从管理结构上分析^①城市水资源利用中,不仅缺乏水质与水量的统一管理体制,还缺乏流域间的统一调剂管理体制;^②在水资源的经济管理制度中存在着宏观调控与市场机制间相互作用关系不协调的问题,如水价过低,水环境成本未能合理地计入水产品价格中去等。管理结构问题导致

了决策过程的诸多不确定性。从环境结构上分析,随着人口与经济的迅速发展,水资源的不当或低效利用导致了水环境质量恶化和水土流失,加剧了水资源的功能性短缺,并引发生态环境失衡,诱发或加剧洪涝、干旱等自然灾害,妨碍水资源的循环再生与自净修复功能,进一步威胁着城市水资源的持续利用。

可见,城市水资源的可持续利用是一个涉及面广、要素众多、错综复杂的系统工程,因此,要从根本上整体解决上述问题并提高城市水资源系统的运行效率,使有限的水资源发挥最大的经济效益、环境效益和社会效益,就需要构建一个水资源可持续利用的系统调控来动态协调各方面的措施与复杂关系¹⁾。

基金项目 :国家自然科学基金资助项目(40571025)

作者简介 :朱岭(1980—),男,江苏徐州人,硕士研究生,研究方向为城市水资源和水环境。E-mail :zhxx_z@163.com

2 城市水资源可持续利用的系统调控框架

2.1 框架构建思路

要构建水资源可持续利用的系统调控框架,必须明确水资源可持续利用过程的结构及发展要求。

水资源系统的演化过程可以概述为水资源从自然界进入人类经济社会领域,在人与自然、人与人之间的协同作用下,形成相应的水资源开发、利用与管理行为的过程^[2]。由此可见,水资源可持续利用大体上可分为发展环境(自然、社会)、开发利用行为和管理(约束、决策)三大环节。

水资源可持续利用的目标是水资源世世代代的公平、有效利用,其可持续利用效益就是其所在流域或地区内,整个水资源-生态环境-社会经济复合系统功能的体现,是水资源数量与质量的统一,是经济、社会要素与生态环境效益的综合^[3]。只有水资源复合系统中的环境、经济和社会结构合理、完善、协调,才能使整体功能实现最优化;只有水资源系统通过反馈实现动态自组织,才能使系统稳定有序地持续优化演化,并最终获得水资源的持续利用效益。因此,水资源的可持续利用应遵循以下原则^[4]:①资源环境价值观原则,即在承认水资源实体价值的同时,要培育水资源具有整体性和多用性的水生环境价值,如水对环境的净化、美化及其所具有的旅游景观价值等。②公平性原则,即公平地对待区域统筹发展与重点建设项目、公平地对待当前发展与后续发展,以公平合理地分配有限的水资源、保证代内及代际公平。③人与自然和谐互进原则,即人类在追求水资源开发利用的社会经济效益的同时,要保持水资源生态系统的结构、功能和多样性不受损害并维持其本身的恢复再生条件,以实现水资源系统的持续优化,并最终提高水资源社会经济利用的持续性效益。④因地制宜、统筹兼顾原则,即根据水资源的时空特性,因地制宜地进行全面系统的规划以及统一与合理分工相结合的管理,以综合利用水资源、水环境。⑤动态自组织原则,即水资源可持续利用最优效益的获得是一个有目标的自适应、自组织的能动过程,在环境与水资源系统状况发生变化时,可以根据系统的输入相应调整自身的发展准则,并以此对系统行为进行规范、协调与控制,确保系统按最优目标动态运行。

2.2 系统调控框架

根据系统论中有关层次、结构与协同作用的理论^[5],以及水资源系统的可持续发展需求,并结合当前世界水资源利用的现实问题,本文构建了水资源可持续利用的系统调控框架。该调控系统在结构上

包括行为、支持、约束和决策四大子系统(图1)。

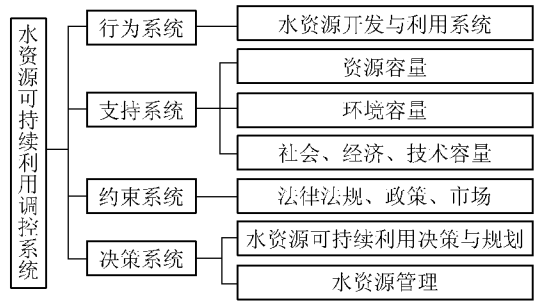


图1 水资源可持续利用的系统调控框架

a. 行为系统。行为系统是以满足流域或地区的工农业生产与居民生活为目标的水资源开发与利用系统,其具体结构包括:大坝与水库建设,水电站建设与运行,明渠和管道建设以及分水建筑物建设,市政和工业取水、水生产及供水工程,污水及工业废水处理工程以及河道整治工程等^[6]。

b. 支持系统。支持系统包括资源容量、环境容量、社会经济与技术容量三大部分。

水资源容量关注水资源的承载能力,即指特定流域或区域在一定的物质生活水平下,其自身水资源能够持续支撑的经济、社会发展规模及其维系良好生态系统的能力。其优化发展的目标是水资源的持续再生和优化配置。

水环境容量关注水环境的缓冲能力,即指一定的水域内,其水体能被持续使用并保持良好生态系统时,所能容纳污水及污染物的最大能力。其优化发展的目标是提高水环境质量、增强其自净与修复能力。

水资源社会、经济与技术容量关注水资源利用的发展能力,即指一定的流域或区域基于其人口、科技与经济总体水平的现状及发展能力,将水资源持续转化为产品和服务的能力。其优化发展的目标是在人口、经济与科技发展之间的总量、速度结构优化的基础上,合理、有效发挥三者对水资源持续利用的需求拉动与支持促进作用。

c. 约束系统。约束系统包括水资源可持续利用相关的各级各类法律法规、政策以及市场。为了合理地开发利用和有效保护水资源、防治水害、充分发挥水资源的综合效益,必须制定并保证实施相应地法律和规章制度,同时在市场经济条件下,要最终实现水资源开发利用综合效益,则必须积极服从和利用水资源市场机制,并实现水资源系统宏观调控与市场机制的协调关系。

d. 决策系统。决策系统是水资源可持续利用系统调控的能动子系统,包括水资源可持续利用的决策支持和管理两大环节。决策支持环节的功能主

体是水资源可持续利用的动态监测、评估指标体系与预测预警系统;管理环节的功能主体是水资源可持续利用的总体战略规划以及水资源统一管理、风险评估与风险管理、需水管理、水权管理以及水资源的经济运行管理等。

3 城市水资源可持续利用的系统调控流程

城市水资源可持续利用的系统调控流程实质上就是城市水资源系统内部子系统间协同关系的有序表达,是水资源可持续利用调控框架的具体表现。因此,基于上述对系统调控框架的分析,本文以南京为例,具体阐述如何系统地调控城市水资源可持续利用,其具体运行流程见图2。

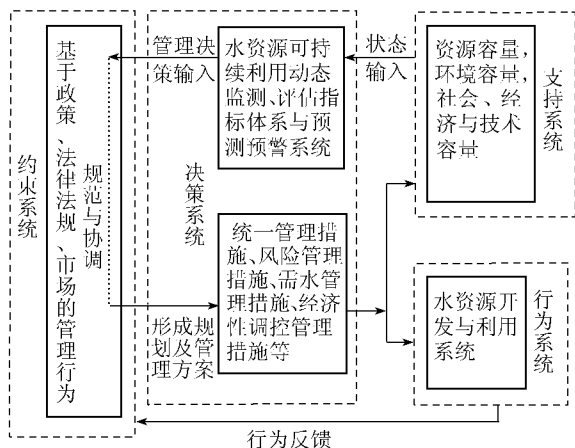


图2 水资源可持续利用的系统调控流程

a. 决策系统应建立健全水资源可持续利用的动态监测、评估指标体系与预测、预警系统,并结合有区域特色的水资源可持续利用评价体系,动态分析、评估水资源可持续利用的状态,实现对水资源未来发展趋势的预测、预报,形成初步的水资源可持续利用管理决策。如南京市正在积极研究长江南京段取水计量遥测系统、水资源监控预警分析系统以及长江干流下游江岸稳定监控及预警系统等。

b. 发挥约束系统中法律法规、制度政策的指导、规范与协调功能,即根据具体的制度法规条款来对决策管理草案进行分析、监察与判断。因此应以国家级的水法、水污染防治法以及环境保护法等为基础,制定相应的城市水资源利用的政策法规,如南京现已出台《南京市水资源管理办法》及《南京市水污染防治管理条例》等,并设立了相应的实施与监管机构,如南京市水利局水资源处是水资源管理办法的实施主管部门,南京市环境保护局是南京市水污染防治管理条例实施的行政主管机构。同时,应建立以市场调节为手段、以法律保障为前提的水资源环境补偿机制,如建立在“谁受益,谁补偿”、“谁破

坏,谁恢复”、“谁投资,谁管理,谁受益”原则上的水资源有偿使用和效益补偿制度,并开展污染物排污权有偿分配和交易试点工作。经规范、协调后的决策管理方案形成水资源可持续利用滚动式总体规划,它是一个多目标集成的发展战略体系,并动态反映当前城市水资源可持续利用调控的支持、约束与决策系统的发展状态及目标,如南京市制定的针对性及可操作性较强的南京沿江开发总体规划。

c. 根据水资源可持续利用规划方案,进一步细化各类管理方案,出台各类水资源优化配置、水生环境保护以及平衡水资源供需的系列管理措施,用以指导、规范和协调城市水资源可持续利用的支持系统建设与行为系统建设。例如:①划分水资源功能区,进行水资源质与量的供需平衡分析和水量的科学分配分析,以在此基础上实现水资源的时空优化配置和统一调剂管理。如:2003年3月,江苏省人民政府批准的《南京市水功能区划》在长江南京段共设立了18个水功能区。其中饮用水源区5个,保留区3个,缓冲区2个,渔业、农业、工业用水区8个。②建立水质与水量统一管理体制的基础上,将水资源的管理权与水环境的保护监督权明确分开,从根本上避免水资源管理职能的分散、交叉与管理混乱,即一方面加强南京沿江水资源管理机构对水资源系统运行的可靠性以及系统失事后果与损失的研究,并提高其根据社会经济文化背景以及水资源系统具体情况的发展变化来运行总体规划、制定具体决策和措施的能力。另一方面,在其具体的管理运行中接受南京市环保局环境监测中心的水质监测与监督管理,制定相应的污染防治与环境保护的途径与方案。③要建立以开源节流相统一为原则、以需水量零增长和污水零排放为目标的需水控制制度,坚持开发与保护并重,推行大面积、多行业的节水制度。南京市已严格实施节水条例、取水许可制度和水资源有偿使用制度,认真执行江苏省颁布的449个工业及城市生活用水定额,实行定额管理,全面计划供水,并建立取用水考核指标体系,逐步完善用水管理总量控制与定额管理相结合的制度;南京市根据《中华人民共和国水法》,厉行节约用水措施,推广节约用水新技术、新工艺,现已完成水稻节水灌溉技术试验示范研究并加以推广;此外,南京市依据《江苏省工业和城市生活节约用水规划》,以节约用水、科学用水为目的,逐步在部分学校、小区试点并推广分质供水试点工程,将自来水再行物化净化处理和紫外线消毒达到生饮标准后,通过专门铺设的铜管或不锈钢管送进学校和小区,品位高、价格低,可直

接饮用,提高了用水效率,南京市供水节水处作出规定要求新建住宅一律禁止使用9L以上的坐便器,推广使用6L坐便器以节约用水。④建立水资源宏观控制和水资源微观定额指标体系为基础的水权管理制度,前者用以明确各地区、各行业等可以使用的的水资源量,后者用以规定每项产品或工作的具体用水与节水指标,从而层层落实节水责任,以保证配水方案的有效实施,建立水资源的经济运行制度,以水价为杠杆,根据利用效益来合理分配水资源、实现分层动态管理,协调水资源开发利用中宏观调控与市场机制间的关系。2004年南京市出台新的自来水计价方式,以节能提效为目的、以“多消费、多计费”为原则,根据江苏省物价局、建设厅出台的《江苏省城市供水价格管理暂行办法》,在部分小区尝试实行人水越多价格越贵的三级“阶梯式计量水价”,级差为1:1.5:2,各级水量基数将由物价结合本市实际情况确定。也就是说,如果用水时只顾畅快不思节约,就意味着你可能要比别人多钱用“高价水”。⑤组织和各阶段、各社会层次的水资源可持续利用公共宣传、教育与信息服务,以提高公众对水资源特性及其重要性的认识,培养全社会的节水意识,引导绝大部分人理解并积极参与水资源管理,并在水资源勘探与评估、各种水利工程建设与运行、水资源净化与循环利用、海水淡化、水资源保护与水环境整治等领域,加强科技创新工作的组织、推进与管理,增强水资源利用专业人员的科研与工作技能,以保证水资源政策和管理方案的有效实施。2002年“世界水日”活动中南京市开展了以“节水”为主题的水知识普及教育活动,包括节水知识系列讨论、节水宣传网页设计竞赛、节水知识竞赛及节水校园设计大奖赛(包括各种节水器具设计)等;南京市供水节水处亦已上门到各大企业、单位宣传节水意义,并推广使用8000多套6L洁具。

d. 水资源可持续利用行为系统在发展过程中将实施将运行状态反馈给约束系统,并且支持系统亦向决策系统动态输入运行状态参数,从而形成新一轮城市水资源可持续利用的系统调控。

4 结 语

城市水资源持续利用是一项系统工程,然而该领域以往的研究与实践工作多集中于对具体的水利工程、水环境治理工程或水资源开发管理模式等的方法与技术进行探讨,却忽视了从整体上对水资源

利用各环节的协调进行相应的机制研究,而实际上水资源的利用又确实在一定程度上存在着从规划制定到工程具体实施的运作体系不畅问题。因此本文试图探索了一套应用现代系统理论来构建“城市水资源可持续利用调控”的方法与实现途径,然而这只是一种初步的理论尝试,还需要结合进一步的区域实证来检验、发展、实践和推广该理论。

参考文献:

- [1] 刘昌明. 21世纪中国水资源若干问题的讨论[J]. 水利水电技术, 2002, 33(1):15-19.
- [2] 许有鹏. 城市水资源与水环境[M]. 贵阳:贵州人民出版社, 2003:235-283.
- [3] 王济干, 张婕, 董增川. 水资源配置的和谐性分析[J]. 河海大学学报:自然科学版, 2003, 31(6):702-705.
- [4] 陈明忠, 刘恒, 耿雷华, 等. 流域水资源可持续利用模式研究[J]. 水利水电科技进展, 2004, 24(3):5-7.
- [5] 宋克强. 水资源系统结构与模型[J]. 水文水资源, 2001, 22(1):6-8.
- [6] 冯尚友. 水资源持续利用与管理导论[M]. 北京:科学出版社, 2004:18-23, 65-71, 120-127.

(收稿日期:2005-01-25 编辑:高渭文)

(上接第26页)

- [2] 黄世玉, 陈家友. 几种水生植物改良鳖池水质效果的比较研究[J]. 集美大学学报:自然科学版, 2000, 5(2):34-37.
- [3] 聂发辉, 吴晓芙, 胡日利. 人工湿地中蛭石填料净化污水中氨氮能力[J]. 城市环境与城市生态, 2003, 16(6):280-282.
- [4] ARIAS C A. Phosphorus removal by sands for use as media in subsurface flow constructed reed bed[J]. Wat Res, 2001, 35(5):1159-1168.
- [5] 崔理华, 朱夕珍, 骆世明, 等. 煤渣-草炭基质垂直流人工湿地系统对城市污水的净化效果[J]. 应用生态学报, 2003, 14(4):597-600.
- [6] 沈耀良, 王宝贞. 废水生物处理新技术[M]. 北京:中国环境科学出版社, 1999:275-276.
- [7] AOLCOCK P W, GANF G G. Growth-characteristics of three macrophyte species growing in a natural and constructed wetland system[J]. Water Sci Technol, 1994, 29(4):95-102.
- [8] 李旭冬, 杨芸. 废水处理技术及应用[M]. 北京:机械工业出版社, 2003:125-126.
- [9] 代明利, 欧阳威, 刘培斌, 等. 垂直流式人工湿地处理官厅水库入库水研究[J]. 中国给水排水, 2003, 19(3):4-7.

(收稿日期:2005-10-27 编辑:徐娟)